上下線を３次元でモデル化した２径間連続鋼上路トラス橋の耐震補強設計

八千代エンジニヤリング株式会社　正会員　○小栗　友紀※1
東日本高速道路株式会社　非会員　下川原　優，非会員　村田　幸翼
八千代エンジニヤリング株式会社　正会員　名古屋　和史※1，正会員　堀内　深※1，非会員　恩田　駿秀※1

１．背景

東日本高速道路株式会社では,大規模地震発生時において緊急輸送路としての機能をいち早く確保するため,橋梁の耐震補強を行っている.ここでは,五常橋の上部工のモデル化と耐震補強工法に焦点を絞り報告する.

２．対象橋梁

五常橋は,長野自動車道に位置する**図１**の２径間連続鋼上路トラス橋であり,橋梁諸元を**表１**に示す.

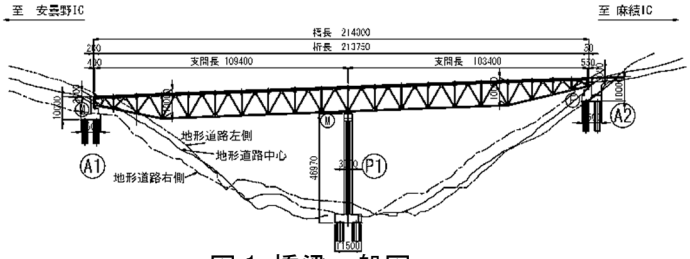


図１ 橋梁一般図

表１ 橋梁諸元

路線	長野自動車道
橋梁形式	２径間連続トラス橋
道路規格	第１種　第３級　A 規格
橋格	１等橋
活荷重	TT-43,TL-20
橋長	L=214.0m
有効幅員	9.0m
斜角	90°　00'
完成年度	平成５年(1993)
適用基準	道路橋示方書(S55)
	設計要領第二集(S55)

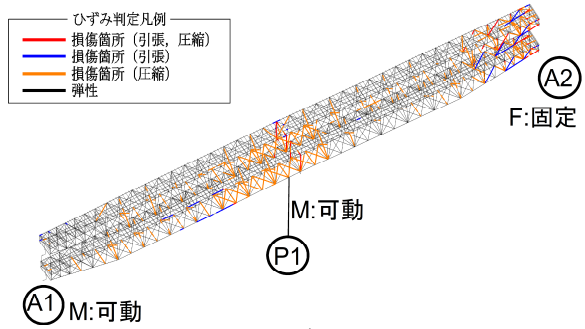


図２　解析モデルと現況照査結果

３．解析モデルと現況照査結果

橋梁の耐震性能照査を行うため,トラス部材の非線形モデルは以下の通りとした①上下弦材,鉛直材,斜材,横桁,横構,縦桁が立体的に組み合わさる構造のため３次元モデルを採用した.②全体座屈を再現するため,有限変位解析を採用した.③軸力変動,二軸曲げに対する応力照査のためファイバー要素を採用した.④局部座屈の照査のため,ファイバー要素の局部座屈を考慮し降伏応力度の低減を行った.上部工部材の許容値は,弾性範囲内であることを基本とし,主構（圧縮材）$\varepsilon max \leqq \alpha \times \varepsilon y$,主構（引張材）$\varepsilon max \leqq \varepsilon y$,副部材（対傾構,横構）$\varepsilon max \leqq 3 \times \varepsilon y$ [1].とし副部材は塑性化を考慮するものとした.ここで εmax：ファイバー要素によりモデル化した上部工構造の動的解析の最大応答ひずみ, εy：降伏ひずみ, α ：局部座屈に関する幅厚比パラメータによる低減係数とする.下部工の許容値は $\delta max \leqq \delta a$　とした.ここで δmax：慣性力作用位置の基礎の変形を控除した水平変位, δa：許容変位

[$\delta a = \delta y + (\delta u - \delta y)/1.5$]とした.

五常橋は,将来の床版取替が計画されているが,取替後の概算重量は既設と同等とした.

表２　現況照査結果（$\varepsilon / \varepsilon y$, $\delta / \delta a$）

現況照査結果				橋軸		直角		最大値
抽出項目	部位	方向	記号	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	
上部工ひずみ	上弦材	引張	εmax/εy	1.33	2.37	4.54	4.04	4.54
		圧縮	εmin/αεy	3.84	5.78	8.93	7.05	8.93
	下弦材	引張	εmax/εy	5.35	10.42	2.29	2.46	10.42
		圧縮	εmin/αεy	1.21	2.37	0.79	0.75	2.37
	斜材	引張	εmax/εy	6.90	10.75	1.12	1.45	10.75
		圧縮	εmin/αεy	18.22	21.19	1.31	1.51	21.19
	垂直材	引張	εmax/εy	2.59	5.26	2.09	3.64	5.26
		圧縮	εmin/αεy	2.32	5.02	3.63	5.39	5.39
	横桁	引張	εmax/εy	0.31	0.38	2.02	3.53	3.53
		圧縮	εmin/αεy	0.30	0.37	0.96	1.57	1.57
	縦桁	引張	εmax/εy	2.33	4.23	1.26	1.21	4.23
		圧縮	εmin/αεy	1.87	3.98	1.68	1.35	3.98
	下支材	引張	εmax/εy	0.39	3.85	0.88	1.43	3.85
		圧縮	εmin/αεy	1.26	6.92	0.74	1.20	6.92
	対傾構	引張	εmax/εy	0.54	0.80	0.89	1.34	1.34
		圧縮	εmin/αεy	0.89	1.96	1.54	3.38	3.38
	上横構	引張	εmax/εy	0.76	0.80	1.50	1.51	1.51
		圧縮	εmin/αεy	0.80	0.87	1.69	1.51	1.69
	下横構	引張	εmax/εy	1.06	1.80	2.21	4.29	4.29
		圧縮	εmin/αεy	0.44	0.87	2.73	5.40	5.40
桁遊間	A1側 上弦		δmax/δa	0.49	0.74	-	-	0.74
	A1側 下弦		δmax/δa	0.54	0.83	-	-	0.83

許容値超過箇所（主部材 1.0以上、副部材 3.0以上）

キーワード　トラス橋, 耐震補強設計, ファイバーモデル, 局部座屈, 制震ダンパー, 当て板補強
連絡先　※1 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8　CS タワー，TEL：03-5822-2900
※2 〒330-0854 埼玉県さいたま市大宮区桜木町 1-11-20 大宮 JP ビルディング，TEL：048-631-0001

現況照査の結果を**表 2** に示す.固定支点の A2 橋台側の斜材,上下弦材に塑性化が顕著であり,P1 橋脚支点上の鉛直材も塑性化する結果であった.

4．耐震補強設計

現況照査の結果,上部工の広範囲で補強が必要となることが確認されたため,荷重の分散と減衰を目的に既存の支承を免震支承に取り換える計画とした.

検討 case1 として,可動支承である A1 橋台と P1 橋脚の支承を免震支承に変更した場合の検討を行った.case1 は A2 橋台の拘束が大きく**図 3** に示す通り A2 橋台付近の上部工で広範囲の補強が必要となることから不採用とした.

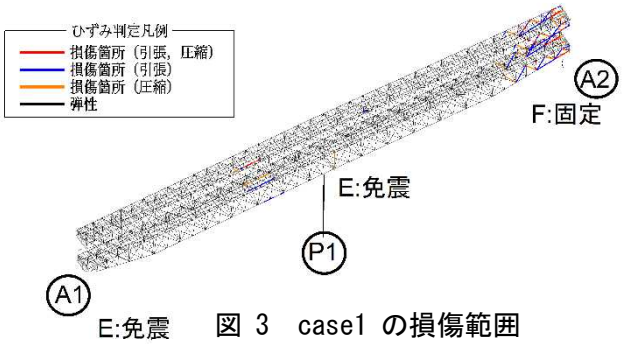


図 3　case1 の損傷範囲

検討 case2 では A2 付近の上部工の塑性化範囲を少なくする目的で全支承を免震支承に変更する方針とした.検討 case2 では,上部工の塑性化は生じない結果となったが,A2 側の遊間量が不足(応答値 170mm ＞ 遊間 50mm)した.

上部工の移動量を抑制する(免震効果を発揮させる)ため,検討 case3 として免震支承＋制震ダンパーを配置する計画とした.上弦材,下弦材それぞれに制震ダンパーを配置する案を検討したが,上弦材に配置した場合は,胸壁と接続が必要で胸壁の部材照査が許容値を超過したため,上弦材に制震ダンパーを取り付けることは困難と判断した.検討の結果,A1,A2 橋台の下弦材に 2000kN/本の規模のものを 4 基配置する必要が生じた.部材の配置は,**図 4** 及び**図 5** に示すようにダンパーによってトラスの下弦材に過度な曲げモーメントが発生しないように配置した.また,**図 6** に示す通りダンパーを配置することにより上部工の損傷が部分的に発生する結果となったことからその範囲は,当て板補強により上部工を補強する計画とした.

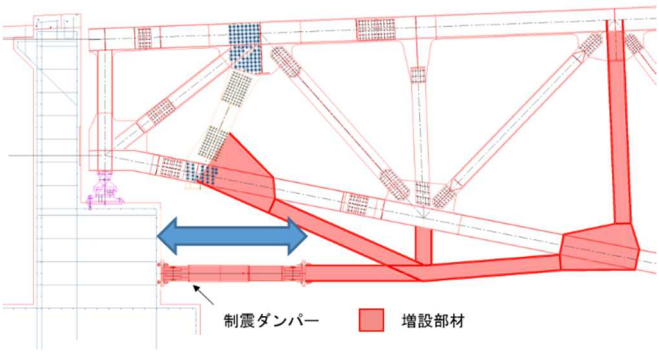


図 4　制震ダンパー側面図

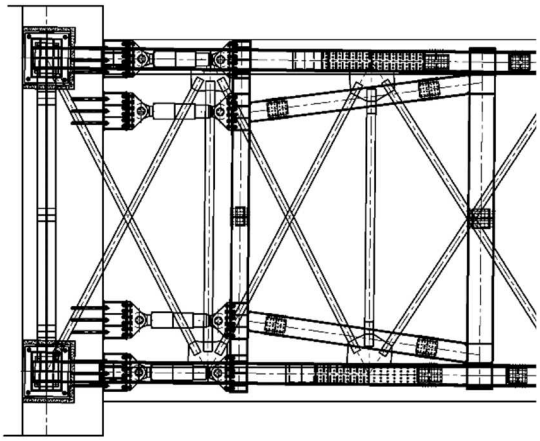


図 5　制震ダンパー平面図

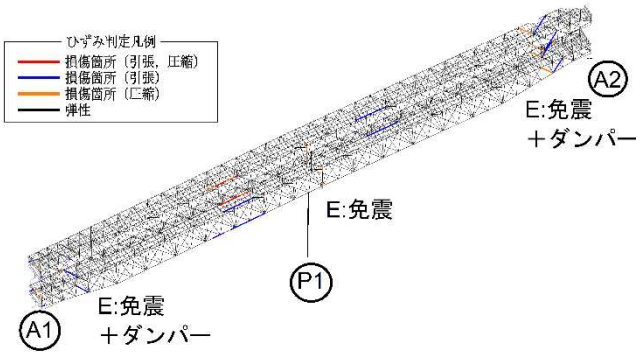


図 6　case3 の損傷範囲

5．まとめ

本稿では,鋼上路トラス橋における上部構造の耐震補強の一例について報告した.本橋での結果は以下の通りである.

- 耐震性能照査より固定支承周辺の上部工部材の塑性化が顕著であることが確認された.
- 免震支承を採用することで,上部工の耐震性能は改善される.
- 遊間不足のため制震ダンパーを配置した場合は部分的に上部工の補強が必要になる.

参考文献

1)橋梁と基礎（関越自動車道片品川橋上部工耐震補強工事の設計）, vol.50, 2016